

EMPLOI DU SYSTEME ARGOS
PAR LE SERVICE HYDROLOGIQUE DE L'ORSTOM

ESSAI DE NORMALISATION DES ENTREES CAPTEURS ET DU TRAITEMENT

par

J. CALLEDE

Service Hydrologique
de l'ORSTOM

En 1978, le Service Hydrologique de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) a évalué les possibilités offertes par le Système ARGOS pour la collecte automatique des hauteurs d'eau des rivières. Cette évaluation, qui a duré sept mois, a été effectuée à Kaolack, au SENEGAL, et a donné entière satisfaction.

Dès lors, il était possible d'envisager un emploi opérationnel du Système ARGOS. Ceci s'est concrétisé en 1980 par la réalisation de deux applications : l'une au SOUDAN et l'autre au SENEGAL (figure n°1).

1.- LES STATIONS DU SOUDAN (figure n°2)

1.1. - DESCRIPTION du RESEAU

Trois stations ont été installées pour le compte des Nations-Unies (PNUD) dans le cadre d'une étude hydrologique destinée à mieux connaître l'hydrogramme de la crue du NIL BLANC dans l'immense zone inondable située entre BOR et MALAKAL. Actuellement, un canal de près de 400 km de long est en cours de creusement : ce canal est destiné à recevoir la majeure partie des eaux du NIL BLANC, ce qui diminuera considérablement les pertes en eau par évaporation dans les zones inondées.

Les coordonnées géographiques des stations sont environ : 07° NORD et 032° EST.

Les stations sont inaccessibles de Mai à Janvier.

Un gardiennage a été installé. Pour l'une des stations (KONGOR) ce gardiennage devient inexistant en période de submersion, car le gardien va alors vivre quelques kilomètres plus loin, au sec.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° :

Cote :

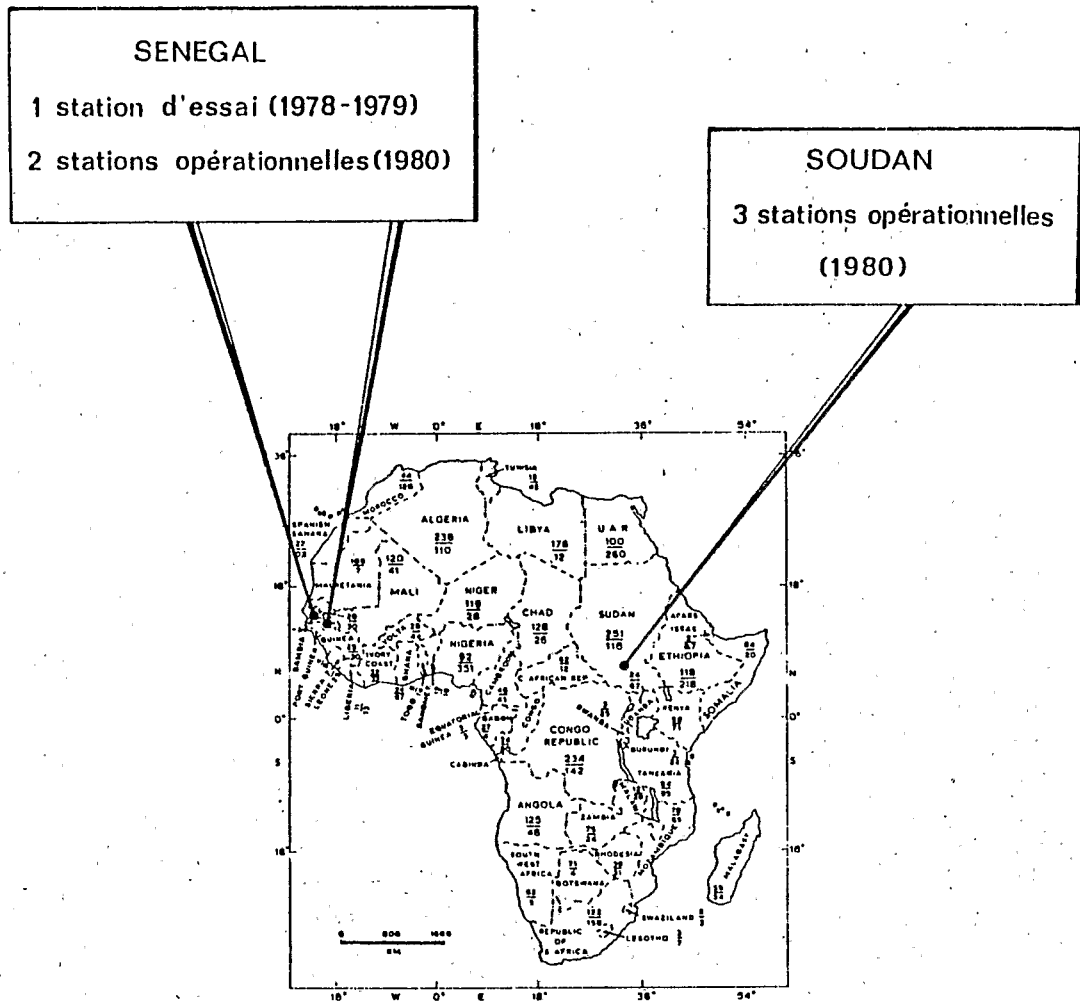
.../2

AOUT 1992

72101

72101

Figure 1

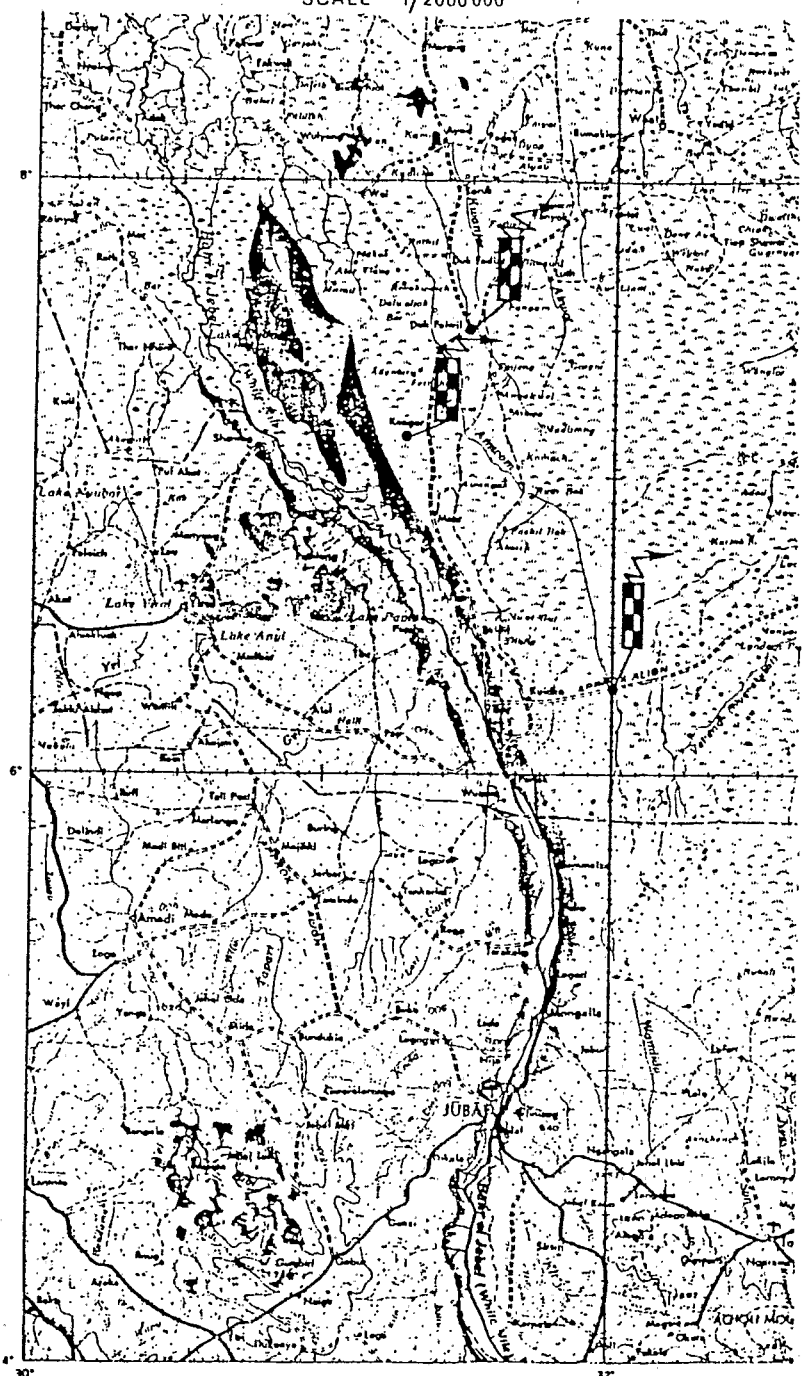


Stations hydrologiques exploitées par l'O.R.S.T.O.M. et équipées de balises ARGOS

SATELLITE TELEMETRY NETWORK
IN KONGOR AREA

Figure 2

SCALE 1/2000000



30°

37°

Les paramètres mesurés sont la hauteur de l'eau et la pluie. Vu l'impossibilité de faire changer les diagrammes, il n'a pas été prévu d'enregistreur. Le capteur de hauteur d'eau est un codeur digital NEYRTEC équipé d'un système flotteur-contrepoids, chaque unité de codage correspondant à une variation de 1 cm de hauteur d'eau. Le capteur de pluie est un auget basculeur PRECIS-MECANIQUE entraînant un contacteur à mercure.

L'électronique de transmission est une balise type I fabriquée par l'électronique Marcel DASSAULT, avec un interface adapté aux capteurs, à savoir :

- entrée 16 digits en parallèle pour la hauteur d'eau,
- entrée impulsionnelle pour la pluie (un compteur d'impulsion se trouve dans l'interface).

L'alimentation est réalisée avec 20 piles CIPEL AD 538 montées en série.

Les stations ont été installées, non sans difficultés (il est très difficile de se rendre dans cette région autrement que par avion privé) entre le 15 et le 18 Avril 1980.

Le retour des données se fait :

- sur Paris, en utilisant le GTS entre Toulouse et Paris. Les messages en code HYDRA sont alors récupérés par l'ORSTOM à la Météorologie Nationale;
- par l'exploitation, une fois par mois, de la bande magnétique contenant le fichier DISPOSE.

1.2. - RESULTATS

Jusqu'au 16 Juillet, les trois stations ont fonctionné correctement. A cette date, la station de KONGOR (pour laquelle le gardiennage était problématique) s'est arrêtée. On peut supposer soit une panne provenant d'un Dinka trop curieux, soit plus probablement le résultat du passage d'un troupeau de buffles ou d'éléphants.

L'exploitation du fichier DISPOSE entre le 16 Avril et le 15 Juillet indique une collecte de 2 359 messages, ce qui représente un taux de collecte de 8,7 messages par jour.

La répartition du nombre de collectes par jour indique :

- entre 1 et 6 collectes par jour : 7,8 %
- entre 7 et 11 collectes par jour : 86,3 %
- entre 12 et 18 collectes par jour : 5,9 %

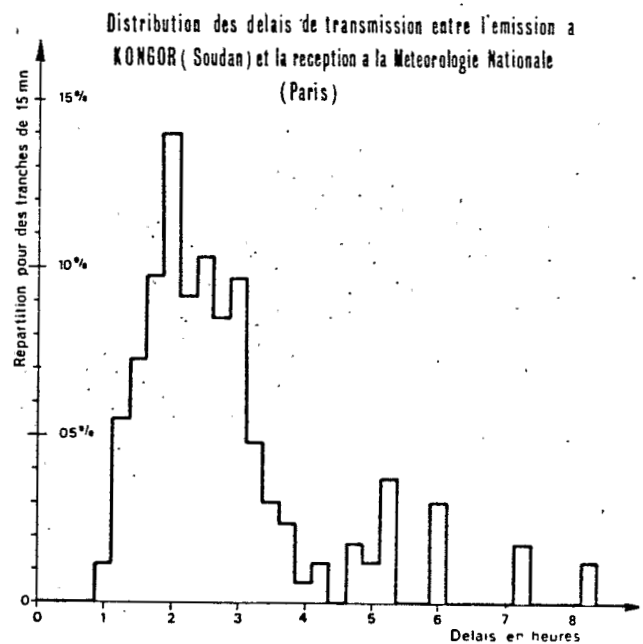
Sur ce total de 2 359 messages, nous en avons 38 de faux. Quatre erreurs peuvent être imputées aux capteurs, tandis que les 34 restants concernent des messages collectés une seule fois par le satellite (probablement dans de mauvaises conditions de réception). La fiabilité est de 98,4 %, ce qui reste excellent.

Les délais de transmission entre l'émission du message et la réception à Paris-Météo sont les suivants :

- le délai maximal observé a été de 8 heures 15 minutes,
- 86 % des messages arrivent en moins de 4 heures,
- 75 % des messages arrivent en moins de 3 heures.

La valeur modale est de 2 heures (figure n°3).

Système ARGOS Fig. 3



2. - LES STATIONS DU SENEGAL

2.1. - DESCRIPTION du RESEAU

Deux stations ont été installées pour le compte du Bureau de la Recherche Géologique et Minière (B.R.G.M.) sur deux affluents de la rivière FALEMÉ, elle-même tributaire du Fleuve SENEGAL. Ces stations ont pour but de connaître le régime hydrologique en hautes eaux, dans l'intention de construire deux futurs barrages.

Les coordonnées géographiques sont environ : 13° de latitude NORD et 012° de longitude OUEST.

Ces stations ont été installées le 20 Juin 1980. Le matériel utilisé est identique à celui du SOUDAN. Bien sûr, les paramètres mesurés sont les mêmes (hauteur d'eau et pluie).

Le retour s'effectue sur l'Aéroport de Dakar-Yoff, par le GTS, avec possibilité -pour le Service Hydrologique de l'ORSTOM- d'avoir copie des messages lors du transit à Paris.

Le fichier DISPOSE est également exploité.

2.2. - RESULTS

Jusqu'au 28 Juillet 1980, les deux stations ont fonctionné normalement, date à laquelle une station n'a plus transmis ses messages, et ceci pour une raison inconnue actuellement. La station est située, elle-aussi, dans une région d'accès difficile (zones inondées).

Le premier fichier DISPOSE (période du 20 Juin au 15 Juillet) indiquait la collecte de 354 messages, soit une moyenne de 6,8 messages par jour.

La répartition est :

- entre 1 et 4 collectes par jour : 13,8 %
- entre 5 et 8 collectes par jour : 68,6 %
- entre 9 et 11 collectes par jour : 17,6 %

Le nombre de messages faux est de 8. Ces messages proviennent de la collecte d'un seul message lors d'une orbite. La fiabilité est de 97,7 %.

3. - CONCLUSION SUR L'EMPLOI DU SYSTEME ARGOS EN HYDROLOGIE

Notre problème actuellement réside dans le bon fonctionnement des stations. Or, ce fonctionnement est perturbé par l'environnement.

L'expérience nous a montré qu'à Kaolack, dans un site bien gardié comme au QUEBEC (en l'absence de toute perturbation humaine ou animale), les installations ont fonctionné sans le moindre ennui.

De là l'importance d'un gardiennage très efficace, si l'on désire un fonctionnement sans histoire. Rappelons que nous ne sommes pas les seuls à avoir eu de tels ennuis : le même problème s'est posé en GRANDE-BRETAGNE.

En outre l'emploi du fichier DISPOSE nous a entraîné à réaliser un second fichier plus adapté à nos travaux, ne serait-ce que par le remplacement des valeurs alphanumériques des codeurs (en cas de mauvaise transmission) par une valeur numérique 99999, signifiant valeur erronée, et pouvant être traitée en FORTRAN.

4. - ESSAI DE NORMALISATION DANS L'EMPLOI DU SYSTEME ARGOS EN HYDROLOGIE

L'évaluation effectuée à Kaolack en 1978, les réseaux du SOUDAN de 1980 et la connaissance de l'expérimentation faite par les hydrologues québécois en 1979-80, nous ont amenés à quelques réflexions concernant la normalisation dans les entrées capteurs comme dans le traitement.

4.1. - ENTREES CAPTEURS

Pour l'hydrologue, la seule solution viable et pratique consiste à disposer d'une électronique d'émission dans laquelle est intégré l'interface codeurs (capteurs) - émetteur. Ceci a été parfaitement compris par la plupart des fabricants d'électroniques de transmission.

La définition de ces interfaces est fonction de la nature des capteurs.

4.1.1.- Hauteur d'eau de la rivière

L'expérience a également montré que la grandeur à mesurer est transmise avec beaucoup plus de sécurité si cette valeur est préalablement digitalisée avant son entrée dans l'interface, par opposition à une entrée en analogique (tension, fréquence).

Les codeurs utilisés par les hydrologues sont tous à sortie "parallèle".

- EN EUROPE

- . NEYRTEC. (9 ou 12 digits en binaire réfléchi)
- . OTT (11 digits en binaire pur)
- . CSEE (10 digits en binaire réfléchi)

- EN AMERIQUE

- . FISCHER and PORTER, LEUPOLD-STEVENS (16 digits en décimal codé binaire).

La solution "sortie parallèle" permet un contrôle immédiat de la valeur codée en employant un système électrique très simple (ampoule électrique, diode "led", etc...) détectant la position 0 ou 1 de chaque digit. Une sortie "série" nécessiterait tout un appareillage électronique (oscilloscope à mémoire, décodeur, ...).

Une entrée "parallèle" 16 digits semble être d'un usage universel pour les codeurs employés en hydrologie puisque rien n'empêche de ne pas connecter les digits de poids forts qui ne seront pas utilisés (ils resteront donc à "0").

4.1.2. - Pluviométrie

Sauf cas particuliers, le capteur employé pour la pluviométrie est le classique auget basculeur. Chaque basculement amène la fermeture brève d'un contact électrique (basculeur à mercure, interrupteur à lame souple).

Il suffit alors de compter les impulsions pour connaître la quantité d'eau tombée entre deux instants donnés, chaque basculement d'auget correspondant à une valeur élémentaire de pluie (0,1-0,2 ou 0,5 mm pour le pluviographe PRECIS MECANIQUE).

Les impulsions peuvent être comptées en externe à l'interface ou bien un compteur électronique peut être intégré dans l'interface.

Dans la solution comptage externe, le compteur va délivrer un total codé en binaire. Actuellement ces compteurs sont des codeurs angulaires (NEYRTEC, LEU-POLD-STEVENS) entraînés pas à pas. La sortie est en parallèle (12, 15 ou 16 digits).

En cas de compteur électronique incorporé dans l'interface, ce sont les impulsions qui seront entrées.

4.2. - ORDRE DES CAPTEURS

La transformation automatique en code HYDRA, au Centre de calcul ARGOS de Toulouse, des messages recueillis par les satellites du Système implique un ordre immuable dans la désignation des capteurs

Nous suivrons, là, l'ordre du code HYDRA :

- . 1er capteur - hauteur d'eau de la rivière
- . 2è capteur - pluviométrie.

4.3. - INTERFACES PRECONISES

De ce qui précède nous pouvons tirer les définitions concernant les interfaces à utiliser :

- soit un interface 2 fois 16 digits en parallèle;
- soit un interface 1 fois 16 digits en parallèle (1er capteur) et entrée impulsionnelle pour la pluviométrie (2è capteur).

4.4. - CODES BINAIRES à EMPLOYER

Pour le codage d'une rotation (cas général pour la mesure d'une hauteur d'eau) le code binaire le plus approprié semble être le code GRAY (binaire réfléchi) de part le fait qu'un seul digit change d'état à chaque incrémentation. Ceci se traduit, pour les codeurs mécaniques, par un couple de frottement plus faible et par aucune ambiguïté lorsqu'il faut coder une position angulaire située à cheval entre deux valeurs digitalisées successives. L'emploi du décimal codé binaire dans les LEUPOLD-STEVENSON n'a pu se faire qu'au prix d'une réalisation mécanique extrêmement soignée.

Malheureusement, ce code GRAY présente des inconvénients liés à sa définition.

Supposons un codage sur 4 digits (c'est-à-dire de 0 à 15 en décimal)

<u>Décimal</u>	<u>Binaire pur</u>	<u>Code GRAY</u>
0	0	0
1	1	1
2	10	11
3	11	10
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000

Tant que le codage s'effectue dans la plage de mesure 0-15, il n'y a pas d'ambiguïté.

Mais supposons un dépassement de capacité, avec toujours un codeur à 4 digits :

<u>Décimal</u>	<u>Binaire pur</u>	<u>Code GRAY</u>	
16	0	1000	c'est-à-dire 15
17	1	1001	" 14
18	10	1011	" 13
19	11	1010	" 12

Tandis que le codeur binaire pur revient à zéro s'il y a dépassement et s'incrémente au fur et à mesure, le codeur en binaire réfléchi (code GRAY) va indiquer des valeurs symétriques par rapport au maximum de capacité.

Dans notre exemple précédent, la séquence (à 4 digits) 0 - 31 donnera des valeurs sans ambiguïté de 0 à 15 puis 16 s'indiquera comme si cela était 15, 17 comme 14, 18 comme 13,, 29 comme 2, 30 comme 1, 31 comme 0. Et tout recommence (32 comme 0, 33 comme 1, etc...).

Cela veut dire qu'il sera très difficile et bien souvent impossible d'employer un codeur en code GRAY s'il y a risque de dépassement de la capacité du codeur, sauf bien sûr si un enregistrement graphique double le capteur... et fonctionne.

C'est la raison de l'emploi de codeurs à au moins 10 digits (1023 valeurs, soit en pratique de 0 à 10,23 m de variation de niveau de l'eau) ou à la rigueur 9 digits (5,12 m de variation de niveau).

Ceci explique aussi que la totalisation des impulsions, pour la pluviométrie, s'effectuera en binaire pur ou en décimal codé binaire. En dimensionnant le codeur pour être certain qu'il n'y ait qu'un seul dépassement de capacité entre deux messages et que le second message donne un nombre d'impulsions inférieur à celui du message précédent, il n'y aura pas d'ambiguïté. Si le totalisateur est à 12 digits, cela représente 4095 basculements entre deux passages à zéro. Avec un auget donnant un basculement chaque 0,5 mm de pluie, il faudrait une pluie de l'ordre de 2000 mm : c'est la valeur de la pluviométrie annuelle (ou à la rigueur mensuelle dans les régions très arrosées) en AFRIQUE.

Remarquons également que les codeurs actuels ignorent les nombres signés : le codage s'effectue toujours en positif, donc attention au calage du codeur par rapport au zéro de l'échelle limnigraphique s'il y a risque de hauteurs d'eau négatives.

Enfin, par convention, une valeur "zéro" du codeur sera interprétée dans le programme de transcodage en code météorologique HYDRA par l'inexistence (et par conséquent un non-transcodage) de ce codeur.

4.5. - LE TRAITEMENT du FICHER DISPOSE

Tel qu'il est proposé par le Service ARGOS, le fichier DISPOSE n'est pas directement utilisable par l'hydrologue, car :

- des caractères alphanumériques peuvent se glisser dans les valeurs capteurs, interdisant alors un traitement arithmétique en FORTRAN;
- certaines valeurs capteurs sont erronées car collectées sans aucune récurrence en limite de visibilité balise-satellite
- les enregistrements concernant la localisation sont sans intérêt et encombrant inutilement le fichier;
- l'emploi du calendrier pseudo-julien n'est pas commode.

Actuellement le traitement du fichier DISPOSE :

- examine les valeurs capteurs. S'il y a un (ou plusieurs) caractère alphanumérique, la valeur capteur est alors fixée à 99999 (pas d'observation);
- dans le cas d'un seul et unique message collecté par le satellite sur une seule orbite (aucune récurrence) élimination de cette collecte si la valeur capteur est différente de la valeur précédente;
- remplace le calendrier pseudo-julien par une datation classique jour, mois, an.

Le format de l'enregistrement (longueur 40 caractères) est :

I5, I6, 1X, 3I2, 1X, 2I2, 1X, I2, 2(I5,2X)

les variables étant, dans l'ordre :

- numéro de l'expérience
- numéro de la balise
- jour
- mois
- an
- heure
- minute
- nombre de messages identiques
- 1er capteur
- 2ème capteur